



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenl gungsschrift**
⑩ **DE 199 25 664 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 16 D 48/08
B 60 K 41/02

②① Aktenzeichen: 199 25 664.0
②② Anmeldetag: 4. 6. 1999
④③ Offenlegungstag: 21. 12. 2000

DE 199 25 664 A 1

⑦① Anmelder:
Mannesmann Sachs AG, 97424 Schweinfurt, DE

⑦④ Vertreter:
Weickmann & Weickmann, 81679 München

⑦② Erfinder:
John, Thomas, Dipl.-Ing., 97529 Sulzheim, DE

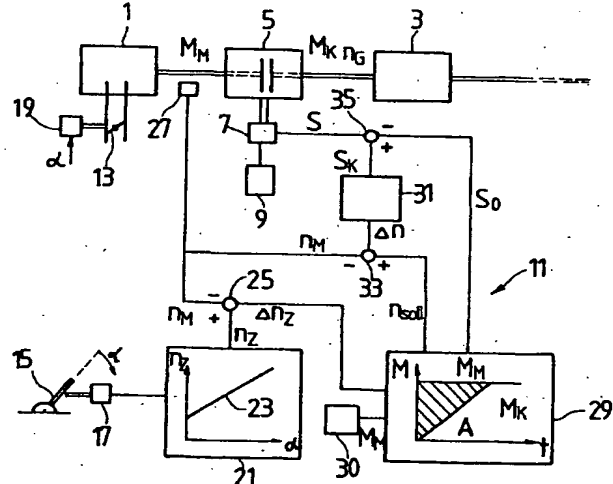
⑤⑥ 'Entgegenhaltungen:
DE 41 34 669 C2
DE 196 52 051 A1
EP 02 12 900 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Anordnung zur Betätigung einer Kraftfahrzeug-Reibungskupplung

⑤⑦ Es wird eine Anordnung zur Betätigung einer Kraftfahrzeug-Reibungskupplung (5) vorgeschlagen, deren Ausrücker mittels eines Ausrücker-Positionierantriebs (7) von einer Auskuppelposition, in der die Kupplung (5) vollständig ausgerückt ist, in einen Bereich von Einkuppelpositionen, in denen eine Drehmomentübertragung über die Kupplung (5) ermöglicht ist, positionierbar ist. Die Anordnung umfaßt einen die Eingangs-drehzahl (n_M) der Kupplung (5) erfassenden Motordrehzahlsensor (27), ferner eine Zieldrehzahl-Vorgabeeinrichtung (21), die eine Motorzieldrehzahl (n_Z) vorgibt, eine Subtraktionseinrichtung (25), die ein der Differenz zwischen der Motorzieldrehzahl (n_Z) und der Eingangs-drehzahl (n_M) entsprechendes Drehzahlerhöhungs-Zielsignal (Δn_Z) erzeugt, sowie eine Motormoment-Ermittlungseinrichtung (30), die ein für das Eingangs-drehmoment der Kupplung (5) repräsentatives Motormoment-Signal (M_M) liefert. Eine Steuereinrichtung (29) ermittelt in Abhängigkeit von dem Drehzahlerhöhungs-Zielsignal (Δn_Z) und dem Motormoment-Signal (M_M) einen sich zeitabhängig ändernden Motormoment-Sollüberschuß des Eingangs-drehmoments (M_M) gegenüber dem Ausgangsdrehmoment (M_K) der Kupplung (5). Abhängig von diesem Motormoment-Sollüberschuß erzeugt sie ein den Ausrücker-Positionierantrieb (7) stellendes Stell-Steuersignal (S_0). Die Anordnung ermöglicht ein komfortables, sanftes Anfahren ohne Beschleunigungsüberhöhungen.



DE 199 25 664 A 1

Beschreibung

Die Erfindung befaßt sich mit der Steuerung einer automatisierten Kraftfahrzeug-Reibungskupplung beim Anfahren des Fahrzeugs.

Beim Anfahren ist es bekannt, die Kupplung so zu steuern, daß eine vorgegebene Anfahr-Zieldrehzahl des Motors erreicht und solange gehalten wird, bis die Getriebeeingangsdrehzahl gleich der Motordrehzahl geworden ist und Schlupffreiheit an der Kupplung hergestellt worden ist. Bei einer bekannten Lösung erfolgt eine reine Drehzahlregelung der Motordrehzahl. Aus dem Ist-Wert der Motordrehzahl und dem Zielwert wird eine Drehzahldifferenz ermittelt, anhand der ein Differenzdrehzahl-Regler ein Stellsignal erzeugt, das die Kupplung im Sinne einer Reduzierung dieser Drehzahldifferenz stellt. Überschwinger der Motordrehzahl über die Zieldrehzahl hinaus sind bei dieser Art der Kupplungssteuerung unvermeidbar. Insbesondere tritt zu Beginn des Anfahrvorgangs ein vergleichsweise starker Überschwinger der Motordrehzahl auf, wenn der Motor aus dem Leerlauf hochläuft. Der Regelalgorithmus bewirkt dabei eine rasch einsetzende, vergleichsweise starke Beschleunigung des Fahrzeugs mit einer kurzzeitigen Beschleunigungsüberhöhung. Für sportliche Fahrer ist dieser Beschleunigungsablauf akzeptabel. Sie werden auch die Schwingungen des Antriebsstrangs in Kauf nehmen, die durch die kräftige und leicht ruckartige Beschleunigung angeregt werden. Falls ein weiches, komfortables Anfahren ohne merkliche Anregung von Antriebsstrangschwingungen gewünscht ist, ist der bekannte Regelalgorithmus allerdings nicht geeignet.

Aufgabe der Erfindung ist es demnach, eine Anordnung zur Betätigung einer Kraftfahrzeug-Reibungskupplung bereitzustellen, die ein komfortables, ruckfreies Anfahren erlaubt.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß eine Anordnung zur Betätigung einer Kraftfahrzeug-Reibungskupplung vorgesehen, deren Ausrücker mittels eines Ausrücker-Positionierantriebs von einer Auskuppelposition, in der die Kupplung vollständig ausgerückt ist, in einen Bereich von Einkuppelpositionen, in denen eine Drehmomentübertragung über die Kupplung ermöglicht ist, positionierbar ist, umfassend einen die Eingangsdrehzahl der Kupplung erfassenden Motordrehzahlsensor, eine Zieldrehzahl-Vorgabe-einrichtung, die eine Motorzieldrehzahl vorgibt, eine Subtraktionseinrichtung, die ein der Differenz zwischen der Motorzieldrehzahl und der Eingangsdrehzahl entsprechendes Drehzahlerhöhungs-Zielsignal erzeugt, eine Motormoment-Ermittlungseinrichtung, die ein für das Eingangsdrehmoment der Kupplung repräsentatives Motormoment-Signal liefert, und eine Steuereinrichtung, die in Abhängigkeit von dem Drehzahlerhöhungs-Zielsignal und dem Motormoment-Signal einen sich zeitabhängig ändernden Motormoment-Sollüberschuß des Eingangsdrehmoments gegenüber dem Ausgangsdrehmoment der Kupplung ermittelt und abhängig von dem Motormoment-Sollüberschuß ein den Ausrücker-Positionierantrieb stellendes Stell-Steuersignal erzeugt.

Bei der Erfindung wird aus der Zielvorgabe für die Motordrehzahl und deren Istwert eine durch das Drehzahlerhöhungs-Zielsignal repräsentierte notwendige Gesamterhöhung der Motordrehzahl ermittelt. Dies geschieht bereits zu Beginn des Anfahrvorgangs und wird bevorzugt fortlaufend wiederholt, bis die Motordrehzahl ihren Zielwert erreicht hat. Aus dem Drehzahlerhöhungs-Zielsignal und dem Motormoment-Signal ermittelt die Steuereinrichtung den zeitlichen Verlauf eines Überschusses, den das Motormoment gegenüber dem übertragenen Kupplungsmoment haben soll. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, daß für eine Erhöhung

der Motordrehzahl um einen gegebenen Wert ein bestimmtes zeitliches Integral der Differenz zwischen Motormoment und Kupplungsmoment erforderlich ist. Umso mehr die Motordrehzahl erhöht werden soll, desto größer ist das erforderliche Integral dieses Motormoment-Überschusses. Die Steuereinrichtung stellt den Ausrücker-Positionierantrieb nach Maßgabe der für das erforderliche Momentenintegral ermittelten Zeitfunktion des Motormoment-Sollüberschusses, bis schließlich das Kupplungsmoment gleich dem Motormoment ist. Diese Vorgehensweise vermeidet Überschwinger der Motordrehzahl über die Zieldrehzahl hinaus und erlaubt einen sanften, überhöhungsfreien Anstieg des Kupplungsmoments. Dadurch ist ein komfortabler Anfahrvorgang ohne ruckende Beschleunigungsphasen und damit einhergehende Antriebsstrangschwingungen möglich.

Die Zieldrehzahl-Vorgabe-einrichtung kann auf einen die Position einer Motorleistungs-Einstelleinrichtung, insbesondere eines Fahrpedals, erfassenden Leistungseinstellungssensor ansprechen und die Motorzieldrehzahl abhängig von der Position der Motorleistungs-Einstelleinrichtung vorgeben. Durch Veränderung der Fahrpedalstellung kann der Fahrer so Einfluß auf die Motorzieldrehzahl nehmen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, einen festen Wert oder einen festen zeitlichen Verlauf für die Motorzieldrehzahl vorzugeben, der vom Fahrer nicht beeinflußt werden kann.

Das zum Erreichen der Zieldrehzahl notwendige Momentenintegral kann in an sich beliebige zeitliche Verläufe des Motormoment-Sollüberschusses umgesetzt werden. Eine bevorzugte Lösung besteht darin, daß die Steuereinrichtung den zeitlichen Verlauf des Motormoment-Sollüberschusses auf Grundlage einer zumindest zeitabschnittsweise linearen Erhöhung des Ausgangsdrehmoments der Kupplung ermittelt. Eine lineare Erhöhung des über die Kupplung übertragenen Drehmoments führt zu einem besonders komfortablen Anfahrgefühl. Falls sich während des Anfahrvorgangs das vom Motor zur Verfügung gestellte Motormoment oder/und die Zieldrehzahl ändern, kann eine Anpassung des zeitlichen Verlaufs des Motormoment-Sollüberschusses erforderlich sein. In einem solchen Fall kann sich eine polygonale Kennlinie des Kupplungsmoments ergeben, deren Gradient in verschiedenen Zeitabschnitten unterschiedlich ist.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß die durch das Stell-Steuersignal tatsächlich bewirkte Ausrückerposition von derjenigen Position abweicht, die der Ausrücker einnehmen müßte, damit sich die gewünschte Momentendifferenz zwischen dem Motormoment und dem Kupplungsmoment einstellt. Grund hierfür können zum Beispiel Positionsänderungen des Ausrückers sein, die durch thermische Einflüsse auf den Ausrücker-Positionierantrieb oder durch Leckage-Effekte im Ausrücker-Positionierantrieb auftreten und unbemerkt bleiben. Derartige Abweichungen können dazu führen, daß die Motorzieldrehzahl verfehlt wird. Um dem entgegenzuwirken, ist bevorzugt ein Differenzdrehzahl-Regelkreis vorgesehen, der die Ist-Motordrehzahl auf einen berechneten und fortlaufend aktualisierten zeitveränderlichen Momentan-Sollwert einregelt. Demgemäß sieht eine Weiterbildung der Erfindung vor, daß die Steuereinrichtung abhängig von dem Motormoment-Sollüberschuß einen sich zeitabhängig ändernden Momentan-Sollwert für die Eingangsdrehzahl ermittelt und ein der Drehzahldifferenz zwischen der Eingangsdrehzahl und deren Momentan-Sollwert entsprechendes Differenzdrehzahlsignal erzeugt und daß eine Differenzdrehzahl-Regleinrichtung vorgesehen ist, die abhängig von dem Differenzdrehzahlsignal ein den Ausrücker-Positionierantrieb im Sinne einer Verkleinerung der Drehzahldifferenz stellendes Stell-Korrektursignal erzeugt.

Ein Differenzmoment zwischen der Eingangsseite und

der Ausgangsseite der Kupplung führt zu einer formelmäßig ermittelbaren Motordrehzahlerhöhung pro Zeiteinheit. Aus dieser zeitbezogenen Motordrehzahlerhöhung läßt sich ohne weiteres der zum jeweiligen Zeitpunkt gewünschte Momentan-Sollwert der Motordrehzahl ermitteln. Das Stell-Korrektursignal, das von der Differenzdrehzahl-Regeleinrichtung bei Vorliegen einer Differenz zwischen dem Momentan-Sollwert der Eingangsrehzahl und deren Istwert erzeugt wird, wird dem Stell-Steuersignal überlagert und bewirkt eine Angleichung des Istwerts der Eingangsrehzahl an den (sich zeitabhängig ändernden) Momentan-Sollwert.

Eine überschwingungsfreie, asymptotische, exakte Einstellung des Istwerts der Eingangsrehzahl auf den Momentan-Sollwert und damit eine exakte Einstellung der Reibungskupplung auf den gewünschten Motormoment-Sollüberschuß ist möglich, wenn die Differenzdrehzahl-Regleinrichtung einen integrierenden Regler, insbesondere einen Proportional-Integral-Differential-Regler umfaßt, der das Stell-Korrektursignal erzeugt. Der differenzierende Anteil des Reglers ermöglicht ein rasches Ansprechverhalten der Differenzdrehzahl-Regeleinrichtung, das große Differenzen zwischen dem Istwert der Eingangsrehzahl und deren Momentan-Sollwert nicht entstehen läßt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Betätigung einer Kraftfahrzeug-Reibungskupplung und

Fig. 2 ein Kennliniendiagramm verschiedener Größen, die in der in Fig. 1 gezeigten Anordnung auftreten.

Fig. 1 zeigt eine zwischen einem Verbrennungsmotor 1 und einem Getriebe 3 eines Kraftfahrzeugs angeordnete automatisierte Reibungskupplung 5, die mittels eines Positionierantriebs 7 ein- und ausrückbar ist. Das Getriebe 3 kann ein manuell schaltbares Getriebe, aber auch ein automatisiertes Schaltgetriebe sein. Der Positionierantrieb 7 stellt den nicht näher dargestellten Ausrücker der Kupplung 5 auf eine Position, die beim Wechseln der Gänge des Getriebes 3 durch eine Kupplungssteuerung 9 nach einem vorbestimmten Programm vorgegeben wird. Beim Anfahren des Fahrzeugs übernimmt eine allgemein mit 11 bezeichnete Anfahrsteuerung die Führung des Positionierantriebs 7.

Die Leistung des Verbrennungsmotors 1 wird durch ein Leistungseinstellglied 13, beispielsweise eine Drosselklappe oder eine Einspritzpumpe, mittels eines Fahrpedals 15 gesteuert, dessen Auslenkwinkel α von einem Fahrpedalsensor 17 erfaßt wird. Ein Stellantrieb 19 steuert das Leistungseinstellglied 13 nach Maßgabe des von dem Fahrpedalsensor 17 erfaßten Auslenkwinkels α .

Für ein komfortables Anfahren sollte das von der Kupplung 5 übertragene Kupplungsmoment möglichst gleichmäßig und überschwingungsfrei ansteigen, damit sich ein sanfter Beschleunigungsablauf des Fahrzeugs einstellt. Beim Anfahren liefert die Anfahrsteuerung 11 ein Positions-Stellsignal S an den Positionierantrieb 7, das die Ausrückerposition der Kupplung 5 im Sinne der genannten Anforderungen festlegt. Das Positions-Stellsignal S wird beruhend auf einem berechneten Motordrehzahlverlauf erzeugt, der von einer als Anfahrziel vorgegebenen Motorzieldrehzahl n_z und dem vom Motor 1 bereitgestellten Motormoment M_M abhängt und einen harmonischen Beschleunigungsverlauf ermöglicht.

Die Motorzieldrehzahl n_z wird von einer Zieldrehzahl-Vorgabeeinrichtung 21 abhängig vom Auslenkwinkel α des Fahrpedals 15 erzeugt. Die Abhängigkeit der Motorzieldrehzahl n_z vom Auslenkwinkel α ist durch eine in der Zieldrehzahl-Vorgabeeinrichtung festgelegte Kennlinie 23 gegeben, die linear oder nichtlinear sein kann. Eine Subtrakti-

onseinrichtung 25 bildet die Differenz zwischen der Motorzieldrehzahl n_z und der Eingangsrehzahl n_M der Kupplung 5, die mittels eines Motordrehzahlsensors 27 erfaßt wird. Die so gebildete Differenz Δn_z gibt den Betrag an, um den die Eingangsrehzahl der Kupplung 5 erhöht werden muß, damit sie gleich der Motorzieldrehzahl n_z wird.

Solange das kupplungseingangsseitig verfügbare Motormoment M_M größer als das kupplungsausgangsseitig verfügbare Kupplungsmoment M_K ist, kann der Motor 1 relativ zur Kupplungsausgangsseite beschleunigen. Die zeitbezogene Zunahme der Motordrehzahl hängt proportional von der Größe des Überschusses des Motormoments M_M gegenüber dem Kupplungsmoment M_K ab. Für die gewünschte Drehzahlerhöhung Δn_z ist dementsprechend ein bestimmter Wert des über die Zeit aufsummierten Überschußmoments $M_M - M_K$ erforderlich. Der letztere Wert entspricht der zwischen der Zeit-Kennlinie des Motormoments M_M und der Zeit-Kennlinie des Kupplungsmoments M_K eingeschlossenen Fläche, also dem zeitlichen Integral des Überschußmoments $M_M - M_K$. Eine Steuereinrichtung 29 ermittelt den für die gewünschte Drehzahlerhöhung Δn_z erforderlichen Wert dieses Momentenintegrals, das in Fig. 1 in dem die Steuereinrichtung 29 repräsentierenden Funktionsblock der schraffierten Fläche A entspricht.

Die Zuordnung zwischen der Drehzahlerhöhung Δn_z und dem Momentenintegral A kann in der Speichereinrichtung 29 tabellarisch abgelegt sein. Es ist jedoch auch möglich, das Momentenintegral A mittels einer in der Steuereinrichtung 29 gespeicherten Formel aktuell zu berechnen. Anhand des so ermittelten Momentenintegrals A und des vom Motor 1 zur Verfügung gestellten Motormoments M_M ermittelt die Steuereinrichtung 29 eine Zeitfunktion für das Kupplungsmoment M_K , die das Momentenintegral A realisiert. Insbesondere bestimmt die Steuereinrichtung 29 die Kennlinie für das Kupplungsmoment M_K auf Grundlage der Forderung, daß das Kupplungsmoment M_K für ein gegebenes Wertepaar von Δn_z und M_M linear zunehmen soll. Zwar sind auch andere Zeitverläufe des Kupplungsmoments M_K denkbar. Ein linearer Verlauf des Kupplungsmoments M_K ist allerdings günstig im Hinblick auf den Rechenaufwand und sorgt zudem für eine harmonische Beschleunigung des Fahrzeugs.

Ändert sich während des Anfahrvorgangs mindestens einer der Werte von Δn_z und M_M , etwa weil der Fahrer stärker auf das Fahrpedal 15 tritt und sowohl ein größerer Auslenkwinkel α als auch ein erhöhtes Motormoment M_M auftreten, so ermittelt die Steuereinrichtung 29 auf Grundlage der momentanen Werte von Δn_z und M_M einen aktualisierten Wert für das erforderliche Integral des Momentenüberschusses $M_M - M_K$. Dieser aktualisierte Wert des Momentenintegrals kann eine Anpassung der M_K -Kennlinie erforderlich machen, wobei die Steuereinrichtung 29 dann ab dem Aktualisierungszeitpunkt einen anderen Gradienten für das Kupplungsmoment M_K festlegt. Über den gesamten Anfahrvorgang kann sich so eine polygonale Kennlinie des Kupplungsmoments M_K ergeben.

Entsprechend der sich zeitabhängig ändernden Differenz zwischen dem Motormoment M_M und dem in vorstehender Weise ermittelten, einzustellenden Kupplungsmoment M_K erzeugt die Steuereinrichtung 29 ein Stell-Steuersignal S_0 , das den Hauptbestandteil des Positions-Stellsignals S bildet. Das Stell-Steuersignal S_0 bewirkt eine dem gewünschten Überschußmoment entsprechende Einstellung des Kupplungsausrückers. Der Zusammenhang zwischen der Ausrückerposition und dem Kuppelzustand der Kupplung 5, insbesondere dem prozentualen Anteil des von ihr übertragenen Moments M_K zum eingangsseitig anliegenden Moment M_M , ist hierzu im voraus ermittelt worden und in der Steuereinrichtung 29 abgefeht.

Das Motormoment M_M erhält die Steuereinrichtung 29 beispielsweise von einem dem Betrieb des Verbrennungsmotors 1 steuernden Motorsteuergerät 30. Denkbar ist es auch, den Auslenkwinkel α des Fahrpedals 15 als Maß für das vom Motor 1 zur Verfügung gestellte Moment M_M heranzuziehen.

Es können Abweichungen des tatsächlich über die Kupplung 5 übertragenen Anteils des Motormoments M_M von dem durch die Steuereinrichtung 29 vorgegebenen Prozentsatz auftreten. Dies kann zu Einschränkungen des Anfahrkomforts führen. Zur Beseitigung solcher Abweichungen ist deshalb ein Differenzdrehzahl-Regler 31 vorgesehen, mittels dessen die Motordrehzahl n_M auf einen sich zeitabhängig ändernden Momentan-Sollwert n_{Soll} eingeregelt wird. Der letztere wird von der Steuereinrichtung 29 geliefert, indem sie ausgehend von dem zu Beginn des Anfahrvorgangs gemessenen Istwert der Motordrehzahl n_M (der Leerlaufdrehzahl) einen Soll-Kurvenverlauf für die Motordrehzahl ermittelt, der sich durch das zur Beschleunigung des Motors zur Verfügung stehende Überschußmoment $M_M - M_K$ ergeben müßte. Eine weitere Subtraktionseinrichtung 33 bildet die Differenz Δn zwischen dem Istwert der Motordrehzahl n_M und dem Momentan-Sollwert n_{Soll} . Der Regler 31 arbeitet so, daß diese Drehzahldifferenz Δn zu null wird. Hierzu liefert er ein Stell-Korrektursignal S_K , das mittels einer Summationseinrichtung 35 dem von der Steuereinrichtung 29 gelieferten Stell-Steuersignal S_0 überlagert wird. Das Stell-Korrektursignal S_K bewirkt abhängig vom Betrag und vom Vorzeichen der Drehzahldifferenz Δn eine Korrektur der durch das Stell-Steuersignal S_0 herbeigeführten Ausrückerposition. Falls beispielsweise zu einem gegebenen Zeitpunkt die Motordrehzahl n_M größer als ihr Momentan-Sollwert n_{Soll} ist, erzeugt der Regler 31 das Stell-Korrektursignal S_K so, daß die Kupplung 5 stärker eingerückt wird und ein größeres Kupplungsmoment M_K übertragen wird. Falls die Motordrehzahl n_M kleiner als ihr Momentan-Sollwert n_{Soll} ist, gilt das Umgekehrte. Der Regler 31 ist bevorzugt ein PID-Regler.

Fig. 2 zeigt typische Kennlinien des Motormoments M_M , des Kupplungsmoments M_K , der Zieldrehzahl n_Z , der Motordrehzahl n_M und der kupplungsausgangsseitig meßbaren Getriebedrehzahl n_G . Wenn der Fahrer das Fahrpedal 15 niederdrückt, steigt die Zieldrehzahl n_Z von einem Wert n_0 (der Leerlaufdrehzahl) auf einen zum Auslenkwinkel α proportionalen Wert n_2 an. Zum Zeitpunkt t_1 hat der Fahrer die von ihm gewünschte Fahrpedalstellung erreicht; die Zieldrehzahl n_Z bleibt deshalb ab dem Zeitpunkt t_1 unverändert. Analog zur Zieldrehzahl n_Z steigt das vom Motor 1 bereitgestellte Motormoment M_M proportional zur Fahrpedalauslenkung von 0 auf den Wert M_1 an. Vom Zeitpunkt t_1 wird es idealisiert als konstant angenommen.

Zu einem Zeitpunkt t_2 erreicht das Kupplungsmoment M_K den Wert M_1 und wird gleich dem Motormoment M_M . In der Zeitspanne zwischen t_1 und t_2 sind sowohl das Motormoment als auch die Zieldrehzahl konstant. Die Motordrehzahl hat zum Zeitpunkt t_1 den Wert n_1 . Bis zur Zieldrehzahl ist deshalb noch eine Drehzahlerhöhung um den Wert $n_2 - n_1$ erforderlich. Für diese Drehzahlerhöhung ist ein durch die schraffierte Fläche B dargestelltes Integral des Momentenüberschusses des Motormoments gegenüber dem Kupplungsmoment nötig. Zum Zeitpunkt t_1 hat das Kupplungsmoment den Wert M_2 . Ausgehend von der Forderung einer linearen Erhöhung des Kupplungsmoments ergibt sich ab dem Zeitpunkt t_1 dann der in Fig. 2 gezeigte Verlauf des Kupplungsmoments M_K . An einem Punkt P trifft die Kupplungsmomentenkennlinie auf die Motormomentenkennlinie.

Es sei nun der Fall betrachtet, daß der Motor 1 ab dem Zeitpunkt t_1 nur ein Motormoment mit dem geringeren Wert

M_3 bereitstellt, ab diesem Zeitpunkt jedoch unverändert noch eine Erhöhung der Motordrehzahl um $n_2 - n_1$ erforderlich ist. Das für diese Drehzahlerhöhung benötigte Integral des Momentenüberschusses würde dann unverändert der Fläche B entsprechen. Aufgrund des kleineren Motormoments würde sich aber ein anderer Verlauf des Kupplungsmoments ergeben, der in Fig. 2 durch die Kennlinie M_K' dargestellt ist. Diese würde bei einem Punkt P' auf die Motormomentenkennlinie treffen. Der Punkt P' wird zu einem Zeitpunkt t_3 erreicht und liegt damit später als der Punkt P.

Abhängig vom verfügbaren Motormoment und der erforderlichen Drehzahlerhöhung stellt sich demnach ein von Fall zu Fall unterschiedlicher Verlauf der Kupplungsmomentenkennlinie ein. Der Gradient der Kupplungsmomentenkennlinie beeinflusst den Anstieg der Getriebedrehzahl n_G und damit das Beschleunigungsverhalten des Fahrzeugs. Man erkennt, daß ein linearer Verlauf des Kupplungsmoments zu einer gleichmäßigen Beschleunigung führt, die vom Fahrer als harmonisch und komfortabel empfunden wird.

In der Praxis werden die Zieldrehzahl und das Motormoment nicht über den gesamten Anfahrvorgang konstant sein. Wie bereits erwähnt, treten Änderungen der Zieldrehzahl und des Motormoments bereits zu Beginn des Anfahrvorgangs auf, wenn der Fahrer das Fahrpedal zunehmend stärker niederdrückt. Solchen Änderungen kann dadurch Rechnung getragen werden, daß zyklisch anhand der jeweiligen Augenblickswerte der Motordrehzahl und der Zieldrehzahl das erforderliche Überschußmomentenintegral neu berechnet wird und – soweit nötig – der Verlauf der Kupplungsmomentenkennlinie modifiziert wird. Dies wird in der Praxis dazu führen, daß das Kupplungsmoment nicht über den gesamten Anfahrvorgang linear zunimmt, sondern einer polygonalen Kennlinie folgt. In Fig. 2 erkennt man deutlich den polygonalen Charakter der Kennlinie M_K , der durch die Zeitveränderlichkeit der Zieldrehzahl und des Motormoments vor dem Zeitpunkt t_1 hervorgerufen wird. Der Aktualisierungszyklus kann im Bereich von einigen Millisekunden liegen, beispielsweise etwa 10 ms betragen.

Mittels des obigen Algorithmus wird die Kupplung von Beginn des Anfahrvorgangs an stets so eingestellt, daß das auf der Eingangsseite der Kupplung verfügbare Überschußmoment gerade ausreicht, um die Motordrehzahl sanft an die Zieldrehzahl heranzuführen. Das Überschußmoment wird dabei stets so gering gehalten, daß Überschwinger der Motordrehzahl über die Zieldrehzahl vermieden werden.

Es versteht sich, daß der Algorithmus grundsätzlich nicht nur zur Kupplungsbetätigung beim Anfahren angewendet werden kann, sondern auch – gegebenenfalls modifiziert oder ergänzt – zum Einrücken der Kupplung nach einem Gangwechsel.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Betätigung einer Kraftfahrzeug-Reibungskupplung (5), deren Ausrücker mittels eines Ausrücker-Positionierantriebs (7) von einer Auskuppelposition, in der die Kupplung (5) vollständig ausgerückt ist, in einen Bereich von Einkuppelpositionen, in denen eine Drehmomentübertragung über die Kupplung (5) ermöglicht ist, positionierbar ist, umfassend
 - einen die Eingangsrehzahl (n_M) der Kupplung (5) erfassenden Motordrehzahlsensor (27),
 - eine Zieldrehzahl-Vorgabeeinrichtung (21), die eine Motorzieldrehzahl (n_Z) vorgibt,
 - eine Subtraktionseinrichtung (25), die ein der Differenz zwischen der Motorzieldrehzahl (n_Z) und der Eingangsrehzahl (n_M) entsprechendes

Drehzahlerhöhungs-Zielsignal (Δn_Z) erzeugt,
 – eine Motormoment-Ermittlungseinrichtung
 (30), die ein für das Eingangsdrehmoment der
 Kupplung (5) repräsentatives Motormoment-Si-
 gnal (M_M) liefert, und

– eine Steuereinrichtung (29), die in Abhängig-
 keit von dem Drehzahlerhöhungs-Zielsignal (Δn_Z)
 und dem Motormoment-Signal (M_M) einen sich
 zeitabhängig ändernden Motormoment-Sollüber-
 schuß des Eingangsdrehmoments (M_n) gegenüber
 dem Ausgangsdrehmoment (M_K) der Kupplung
 (5) ermittelt und abhängig von dem Motormo-
 ment-Sollüberschuß ein den Ausrücker-Positi-
 onierantrieb (7) stellendes Stell-Steuersignal (S_o)
 erzeugt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
 net, daß die Zieldrehzahl-Vorgabereinrichtung (21) auf
 einen die Position (α) einer Motorleistungs-Einstell-
 einrichtung (15), insbesondere eines Fahrpedals, erfassenden
 Leistungseinstellungssensor (17) anspricht und die Motor-
 zieldrehzahl (n_Z) abhängig von der Position (α) der
 Motorleistungs-Einstelleinrichtung (15) vorgibt.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeich-
 net, daß die Steuereinrichtung (29) den zeitlichen Verlauf
 des Motormoment-Sollüberschusses auf Grundlage einer
 zumindest zeitabschnittsweise linearen Erhöhung des
 Ausgangsdrehmoments (M_K) der Kupplung (5) ermittelt.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-
 durch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (29)
 abhängig von dem Motormoment-Sollüberschuß einen
 sich zeitabhängig ändernden Momentan-Sollwert
 (n_{Soll}) für die Eingangsdrehzahl (n_M) ermittelt und ein
 der Drehzahldifferenz zwischen der Eingangsdrehzahl
 (n_M) und deren Momentan-Sollwert (n_{Soll}) entspre-
 chendes Differenzdrehzahlsignal (Δn) erzeugt und daß
 eine Differenzdrehzahl-Regeleinrichtung (31) vorgese-
 hen ist, die abhängig von dem Differenzdrehzahlsignal
 (Δn) ein den Ausrücker-Positionierantrieb (7) im Sinne
 einer Verkleinerung der Drehzahldifferenz (Δn) stellten-
 des Stell-Korrektursignal (S_K) erzeugt.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
 daß die Differenzdrehzahl-Regeleinrichtung (31)
 einen integrierenden Regler, insbesondere einen Pro-
 portional-Integral-Differential-Regler umfaßt, der das
 Stell-Korrektursignal (S_K) erzeugt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

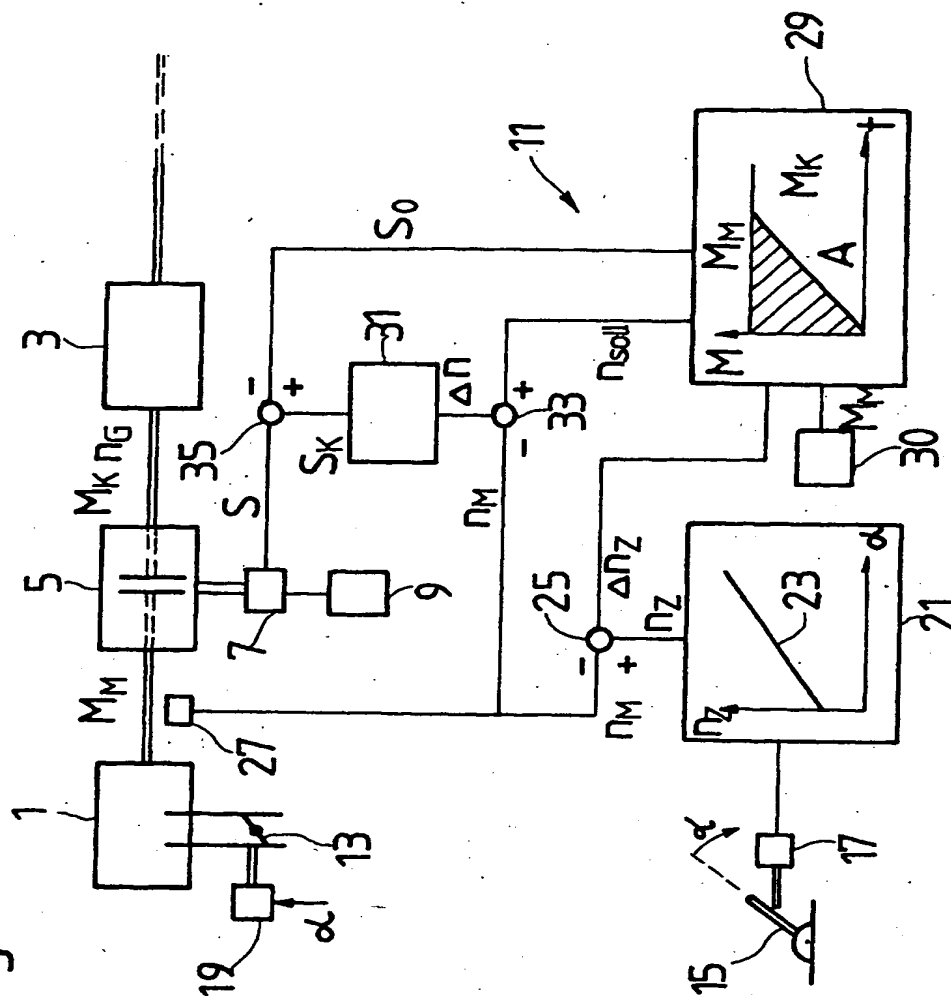


Fig. 2

